

Analiza spektralna w ocenie stopnia synchronizacji indeksów giełdowych

I. Wstęp

Zasadność pytania o analizę współzależności pomiędzy rynkami kapitałowymi można oprzeć o przemiany jakie dokonują się współcześnie w przestrzeni gospodarczej. Postępująca integracja gospodarek narodowych, globalizacja, informatyzacja i dynamizm życia społecznego i ekonomicznego przyczynia się do segregowania napływających do odbiorcy informacji oraz uważnego przetwarzania natłoku danych na wartościową informację. Zaistnienie zdarzenia na rynku kapitałowym w czasie rzeczywistym wpłynie na sytuację występującą nie tylko na rynkach finansowych, ale jeśli zdarzenie posiadać będzie odpowiednią siłę oraz odpowiedni czas trwania, przełożyć się może na sytuację całego państwa. Wzrost powiązań pomiędzy poszczególnymi podmiotami w skali międzynarodowej wzmacnia efekt zarażenia pomiędzy tymi podmiotami, co przyczynia się do szybszego przepływu widocznego w stopniu szczególnym w tzw. transmisji szoków pomiędzy gospodarkami. Spłaszczenie występujących rozbieżności, przede wszystkim przyczyniają się do budowy sieci zależności pomiędzy wszelkimi akcentami życia gospodarczego tworząc tym samym jeden wielki system, który można porównać do mechanizmu naczyń połączonych, w którym każde wydarzenie (w różnym stopniu) oddziałuje na całość systemu. W tym miejscu ważną kompetencją staje się umiejętność analizy w zakresie wzajemnych cykli koniunkturalnych.

Celem poniższego artykułu jest wskazanie na zasadność ustalenia stopnia powiązania pomiędzy poszczególnymi rynkami kapitałowymi, przy wykorzystaniu narzędzi analizy spektralnej. Większość artykułów traktuje o powiązaniu pomiędzy rynkami kapitałowymi w świetle budowy modelu wektorowej korekty błędem. Wynikiem tego podejścia jest identyfikacja długookresowych ścieżek zależności wraz z ich krótkookresowymi odchyleniami.

Zasadna jednak autorowi wydaje się analiza procesów pod względem ich struktury harmonicznej, czyli zwrócenia uwagi na strukturę częstości analizowanych szeregów czasowych. Poniższe badanie posiada charakter fragmentaryczny, dlatego sformułowane

wnioski odnoszą się tylko i wyłącznie do wybranych indeksów giełdowych analizowanych w konkretnym czasie.

II. Analiza spektralna

Analiza rozwoju zjawisk gospodarczych, w tym analiza (wyodrębnienie) trendów i procesów cyklicznych stały się elementem obligatoryjnym wszelkich analiz ekonometrycznych. Zastosowanie analizy spektralnej umożliwia uzmysłowienie problemu wynikającego ze składnikowej struktury procesu, co za tym idzie powiązań różnych procesów w zakresie podanych składniowych. Analiza spektralna, nazwana inaczej analizą widmową, opiera się o analizę w zakresie struktury częstości szeregów czasowych. Istotę analizy spektralnej na zasadzie alegorii można zawrzeć w prostym przykładzie, porównania do zjawiska rozbicia świetlnego wiązki białego światła, poprzez przepuszczenie danej wiązki przez odpowiedni filtr, następuje jej rozbicie i wyodrębnienie odpowiednich pasm kolorów. Wniosek z tego jest prosty, na białe światło składają się pasma światła kolorowego o różnych długościach fal. Tak określoną dekompozycję struktury można odnieść do dowolnego procesu kształtowania się zjawiska ekonomicznego. Implikuje to możliwość wyodrębnienia cykli o różnych długościach, które składają się na badany proces. Dzięki analizie struktury harmonicznej i zastosowaniu cross spektrum można wnioskować o współwystępowaniu poszczególnych cykli dla dowolnych dwóch szeregów czasowych będących realizacją badanych procesów, tutaj cen głównych indeksów analizowanych rynków kapitałowych. Celem analizy spektrum wzajemnego jest odkrycie korelacji i zależności między dwoma szeregami, które (zależności) ujawniać się mogą w różnych częstościach. Dzięki temu można np. wnioskować jaki wpływ na trend procesu X ma trend procesu Z, bądź wyodrębnić związki pomiędzy składowymi sezonowymi.

Przechodząc do centralnych założeń, należy stwierdzić, iż każdy proces stacjonarny możemy potraktować jako ważoną sumę funkcji okresowych $\sin(t\omega)$ i $\cos(t\omega)$, którą można zapisać w postaci:

$$Y_t = \mu + \int_0^{\pi} \alpha(\omega) \cos(t\omega) d\omega + \int_0^{\pi} \beta(\omega) \sin(t\omega) d\omega$$

Takie rozbicie umożliwia analizę procesów pod kątem częstości. Każda funkcja jest określona w przedziale od 0 do π . Tym samym interpretacja zbudowana na podstawie takiego traktowania procesu wzbogaca wiedzę poprzez możliwość identyfikacji, które cykle procesu

są odpowiedzialne za dynamizację procesu. Dekompozycja oryginalnego szeregu na sumę cosinusów i sinusów może spełniać również jeszcze jedną funkcję, mianowicie określa ona te częstotliwości, które są silne i ważne z punktu widzenia cykliczności.

Funkcja gęstości spektralnej przedstawiona jest w poniższym wzorze:

$$f_Y(\omega) = \frac{1}{2\pi} \sum_{\tau=-\infty}^{\infty} \gamma_{\tau} e^{-i\tau\omega}$$

Do powyższego wzoru podstawiając (na mocy twierdzenia de Moivre'a) wyrażenie:

$$e^{-i\tau\omega} = \cos(\tau\omega) - i \sin(\tau\omega)$$

Uzyskuje się następujące przekształcenie:

$$\begin{aligned} f_Y(\omega) &= \frac{1}{2\pi} \sum_{\tau=-\infty}^{\infty} \gamma_{\tau} [\cos(\tau\omega) - i \sin(\tau\omega)] = \frac{1}{2\pi} \gamma_0 (\cos 0 - i \sin 0) + \\ &+ \frac{1}{2\pi} \sum_{\tau=1}^{\infty} \gamma_{\tau} [\cos(\tau\omega) - i \sin(\tau\omega) + \cos(-\tau\omega) - i \sin(-\tau\omega)] = \frac{1}{2\pi} \left\{ \gamma_0 + 2 \sum_{\tau=1}^{\infty} \gamma_{\tau} \cos(\tau\omega) \right\}. \end{aligned}$$

Tak wyrażone spektrum posiada kilka ważnych własności, do których zaliczyć należy kolejno:

1. spektrum jest funkcją ciągłą o rzeczywistych wartościach,
2. funkcja gęstości spektralnej jest symetryczna i ograniczona w przedziale: od 0 do π ,
3. jest funkcją niemalejącą, dla każdego ω spełniona jest następująca relacja

$$f_Y(\omega) \geq 0.$$

Zakładając, iż mamy dwa następujące procesy stacjonarne $\mathbf{Y}_t = (Y_{1t}, Y_{2t})'$, funkcję gęstości spektralnej można przedstawić w sposób następujący:

$$f_{12}(\omega) = \frac{1}{2\pi} \sum_{\tau=-\infty}^{\infty} e^{-i\tau\omega} \gamma_{12}(\tau), \quad \omega \in [-\pi, \pi]. \quad (1)$$

Funkcja wzajemnej gęstości spektralnej jest transformatą Fouriera funkcji kowariancji wzajemnej procesu dwuwymiarowego. Analiza dwóch procesów względem siebie oraz związków pomiędzy ich poszczególnymi częstotliwościami może doprowadzić m. in. do wykrycia zależności jakie wynikają np. z wpływu trendu z procesu A na trend z procesu B¹.

Powyższe ujęcie funkcji (1) zakłada jej niesymetryczność, dzięki dalszym transformacjom można wyróżnić następujące elementy:

$$f_{12}(\omega) = c(\omega) - i q(\omega),$$

gdzie,

$$c(\omega) = \operatorname{Re}\{f_{12}(\omega)\} : \text{cross spektrum, część rzeczywista,}$$

¹ Talaga L., Zieliński Z., *Analiza spektralna w modelowaniu ekonometrycznym.*, Warszawa: PWN., 1986.

$q(\omega) = -\text{Im}\{f_{12}(\omega)\}$, część urojona.

W analizie spektrum wzajemnego, wykorzystano następujące współczynniki:

- a) współczynnik koherencji, stosuje się przy wskazaniu, które składniki częściowe analizowanych dwóch szeregów czasowych są ze sobą skorelowane w i jaka jest siła tych zależności, wyrażony jest następującym wzorem

$$K(\omega) = \frac{|f_{12}(\omega)|}{[f_{11}(\omega)f_{22}(\omega)]^{0,5}}$$

Wśród ważniejszych własności należy wyróżnić następujące:

- jest unormowany w przedziale $[0, 1]$,
- mierzy siłę zależności liniowej między procesami dla danej częstości dla wszystkich opóźnień i wyprzedzeń czasowych,
- jego wartość nie zależy od kolejności procesów,
- jest funkcją symetryczną zmiennej ω .

- b) spektrum amplitudowe, wyrażone następującym wzorem

$$A(\omega) = [c^2(\omega) + q^2(\omega)]^{0,5} = |f_{12}(\omega)|$$

- jest iloczynem amplitudowym odpowiednich składowych częstościowych badanych dwu procesów, informuje o tym jakie częstości analizowanych procesów się powtarzają.

- c) wzmocnienie funkcji przyrostu, wyrażone następującym wzorem

$$G(\omega) = \frac{|f_{12}(\omega)|}{f_{11}(\omega)} = \frac{A(\omega)}{f_{11}(\omega)}$$

- gdy funkcja przyrostu przyjmuje wartości większe od 1, proces pierwszy posiada niższą amplitudę wahań niż proces drugi w zakresie analizowanej częstości, oraz odwrotnie w przypadku wartości funkcji wzmocnienia procesu mniejszej niż 1 dla obserwowanej częstości.

III. Przykład empiryczny

W przykładzie empirycznym wykorzystano szereg miesięcznych obserwacji ($n=227$) w okresie od stycznia 1995 roku do listopada 2013. Dane dzienne zostały zagregowane do danych miesięcznych dzięki wykorzystaniu średniej z obserwacji w podanym okresie. Szeregi czasowe są reprezentacją procesów kształtowania się cen zamknięcia głównych indeksów giełdowych rynku kapitałowego: (1) polskiego (WIG20), (2) niemieckiego (DAX), (3) francuskiego (CAC40). Dobór indeksów do analizy był celowy i podyktowany ich lokalizacją geograficzną.

WIG20 jest indeksem skupiającym w sobie 20 największych spółek warszawskiej GPW, jest indeksem typu cenowego (co oznacza, iż przy jego obliczaniu bierze się jedynie ceny zawartych w nim transakcji). Należy wspomnieć również, iż w ramach WIG20 mogą być notowane indeksy co najmniej 5 spółek z danej branży, wyklucza się z listy spółek notowanych fundusze inwestycyjne.

DAX, jest indeksem wynikowym, co oznacza, iż przy jego obliczaniu brane są pod uwagę wzrosty cen akcji oraz wzrost kapitału poprzez wypłatę dywidendy. DAX skupia w sobie 30 spółek, które można określić mianem największych pod względem kapitalizacji oraz obrotu. Każda ze spółek ma przyporządkowaną wagę, która dostosowana jest do wielkości spółki.

CAC40, jest francuskim indeksem, który skupia w sobie 40 najsilniejszych spółek ze 100 pod względem wielkości kapitalizacji.

Każdy z indeksów jest notowany w systemie ciągłym. Dane pochodzą z serwisu internetowego bossa.pl [stan na dzień 09.01.2014].

Na rysunku 1 przedstawiony został przebieg kształtowania się analizowanych procesów w czasie.

Rys. 1. Szereg czasowy przebiegu cen indeksów WIG20, CAC40, DAX



Źródło: opracowanie własne na podstawie programu GRETL.

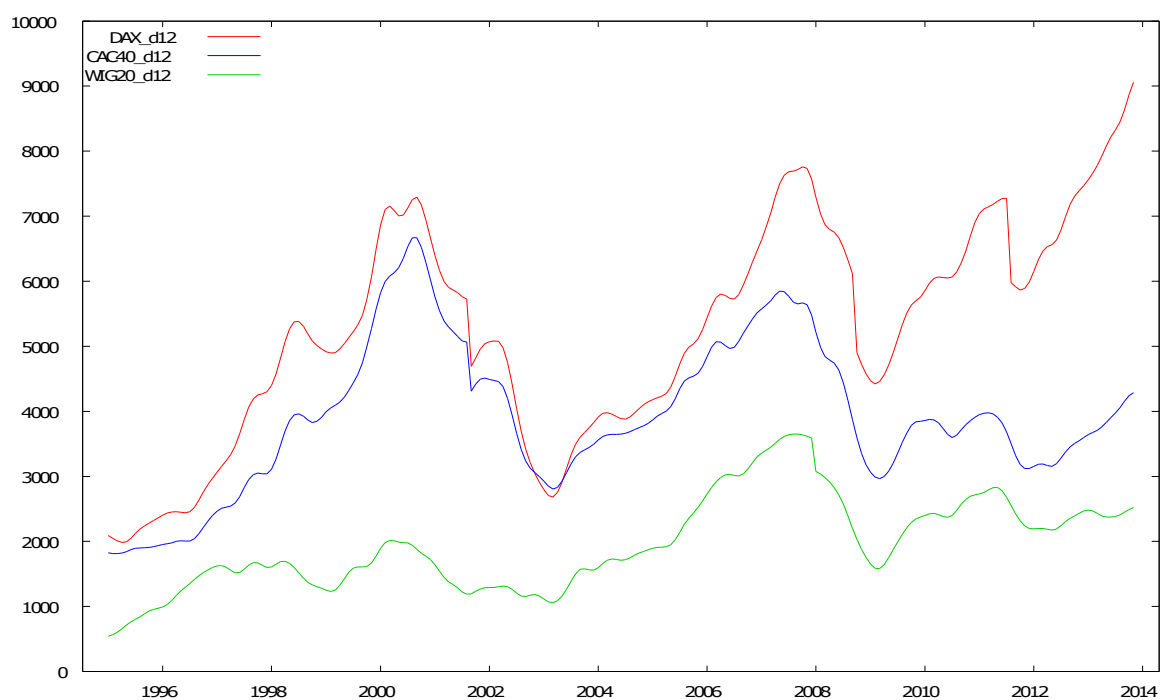
Komentując przebieg trzech ścieżek czasowych indeksów, przy wstępnej interpretacji, można zauważyć wspólną ścieżkę rozwoju. Indeksy charakteryzują się identycznym

kierunkiem zmian, podobną reakcją na zauważalne szoki. Wstępnie dostrzegalna jest już zasadność celu badania, aby określić stopień synchronizacji rynków kapitałowych. Analiza wykresu wskazuje, że należy się spodziewać pewnej cykliczności wspólnej (w zakresie różnych okresów) dla poszczególnych indeksów. W przypadku danych dziennych na kształt poszczególnych kolejnych wielkości stóp zwrotu duże znaczenie mają poszczególne impulsy, wywołane natychmiastową reakcją na napływającą informację. Niekiedy wpływa takiego impulsu jest bardzo krótki i niewidoczny w dłuższym okresie, np. jak w przypadku uśrednionych danych miesięcznych. Dlatego przebieg szeregu czasowego można określić jako spokojniejszy w porównaniu do szeregu czasowego dla realizacji obserwacji dziennej.

W przypadkach dotyczących częstości miesięcznej bądź kwartalnej dużo większe znaczenie w uwidocznionych zmianach mają zmienne o charakterze fundamentalnym, które dotyczą bezpośrednio analizowanego szeregu finansowego².

W celu wygładzenia danych zastosowano filtr X-12-ARIMA (przy uwzględnieniu składnika trendowego i cyklicznego).

Rys. 2. Szereg czasowy przebiegu cen indeksów WIG20, CAC40, DAX po zastosowaniu filtra X-12-ARIMA



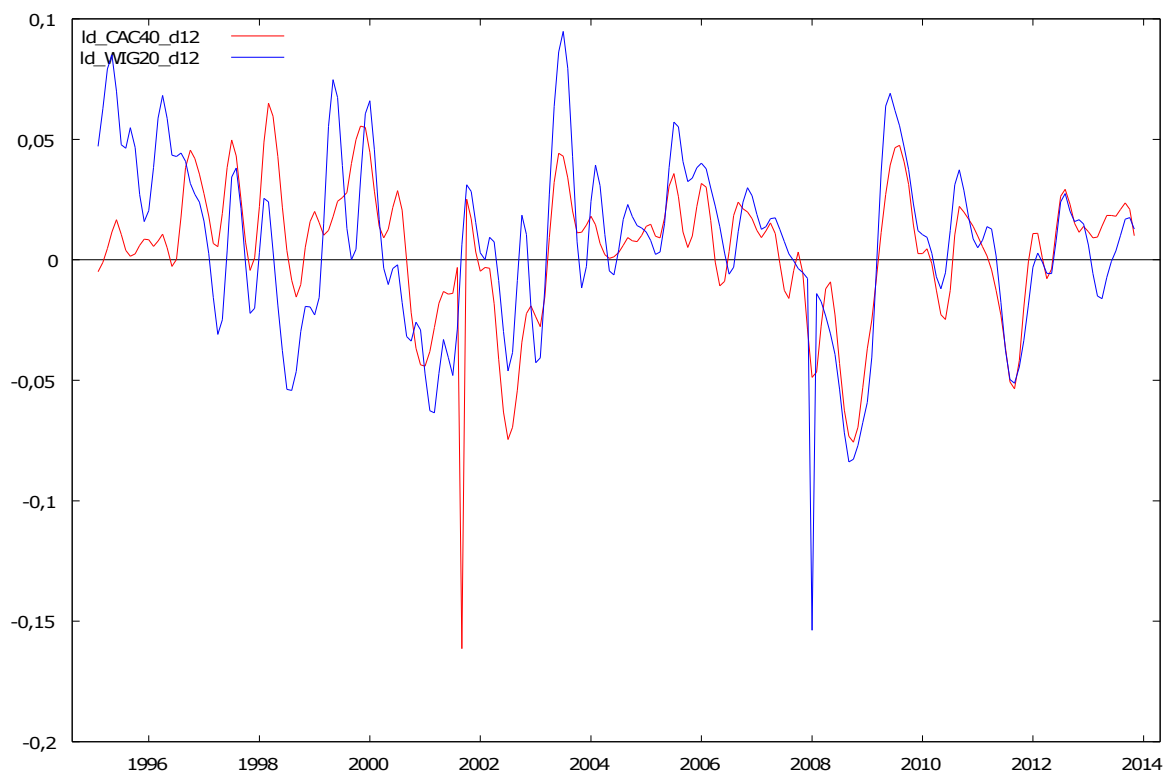
Źródło: opracowanie własne na podstawie programu GRET.L.

Poniżej przedstawione są wyniki analizy spektrum wzajemnego dla poszczególnych par indeksów.

1. Spektrum wzajemne pomiędzy WIG20/CAC40.

Rys. 3. Wykres szeregu czasowego WIG20/CAC40, po wyznaczeniu logarytmiczny stóp zwrotu

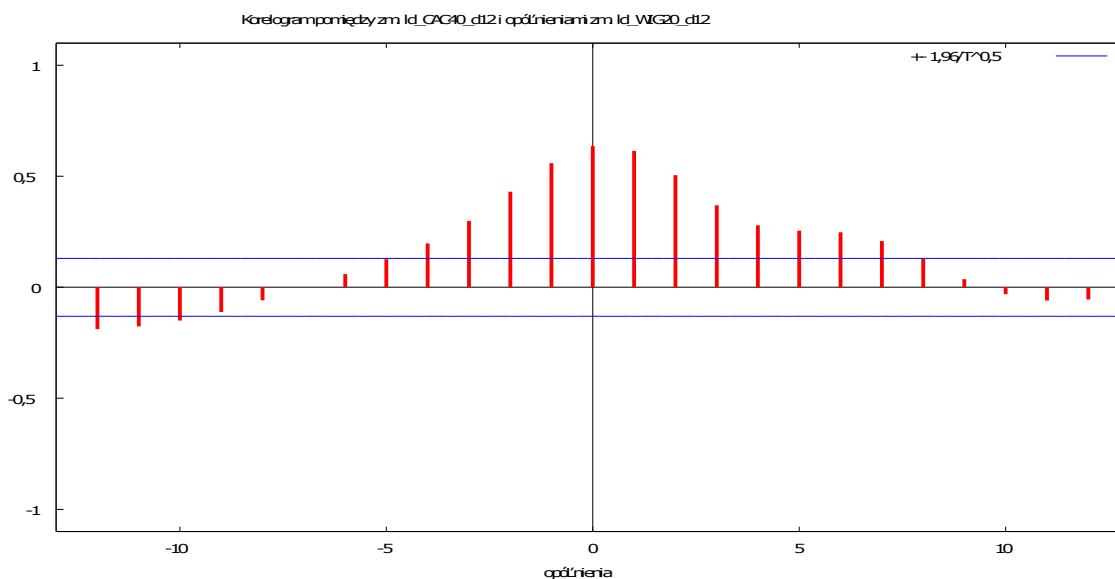
² Osińska Magdalena., *Ekonometria finansowa.*, Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne 2006., s. 180.



Źródło: opracowanie własne na podstawie programu GRET.L.

Na podstawie wstępnej analizy rysunku 3 nie można określić, który szereg jest wyprzedzającym a który wyprzedzanym.

Rys. 4. Korelogram wzajemny pomiędzy CAC40/WIG20



Źródło: opracowanie własne na podstawie programu GRET.L

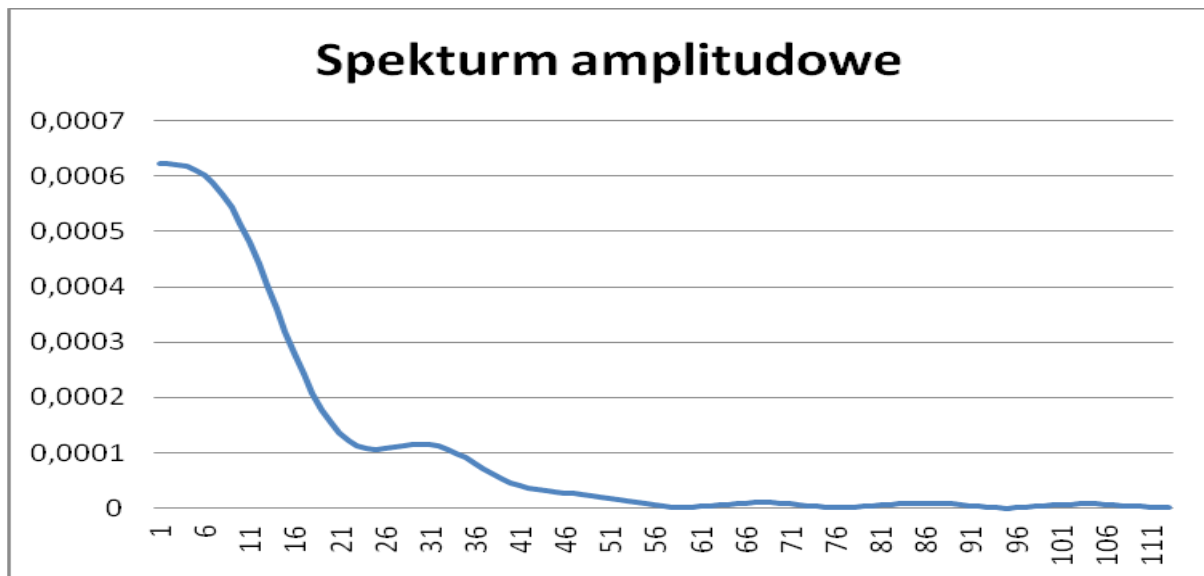
Na podstawie analizy korelogramu wzajemnego pomiędzy CAC40/WIG20 należy wnioskować, iż skoro największa wartość funkcji korelacji przypada na miejscu 0, reakcja na impuls pomiędzy poszczególnymi rynkami kapitałowymi jest natychmiastowa. W dalszej części przystąpimy do zdekomponowania zależności krótkich i długich w celu określenia czy relacja opóźnienia/wyprzedzenia jest ta sama w strukturze poszczególnych harmonik.

Zależność pomiędzy parą składników dwóch procesów $X(t)$, $Y(t)$ można określić przy wykorzystaniu kolejno:

1. Funkcji gęstości spektralnej procesu $X(t)$,
2. Funkcji gęstości spektralnej procesu $Y(t)$,
3. Funkcji cross spektrum pomiędzy $X(t)$ a $Y(t)$.

W zbiór parametrów spektralnych wchodzi kolejno: $c(\omega)$, $q(\omega)$, $f(\omega)_{x(t)}$, $f(\omega)_{y(t)}$. Część rzeczywista, określona jako $c(\omega)$, zwana spektrum zgodnym, ustala stopień siły kowariancji pomiędzy składnikami $X(t)$ i $Y(t)$, które posiadają pewną wspólną fazę. Część $q(\omega)$, kwadrospektrum, określa stopień kowariancji pomiędzy składnikami $X(t)$ oraz $Y(t)$ poza fazę. W niniejszej pracy zostały przedstawione i zinterpretowane najbardziej pożyteczne parametry mierzące związek pomiędzy procesami $X(t)$ oraz $Y(t)$.

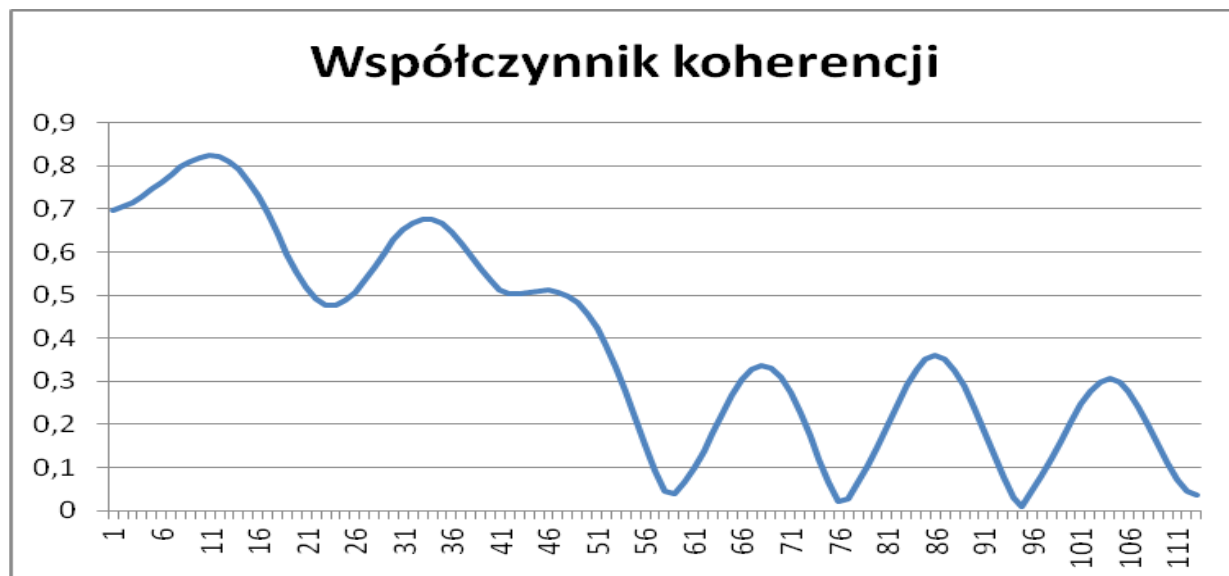
Rys.5. Spektrum amplitudowe pomiędzy zmiennymi CAC40/WIG20



Źródło: Opracowanie własne.

Amplituda jest funkcją rzeczywistą, która pomaga stwierdzić czy składniki częstości procesu $X(t)$ posiadają związek ze składnikami procesu $Y(t)$ w zakresie częstości wysokich jak i niskich. Spektrum amplitudowe pośrednio wynika z kształtów funkcji gęstości spektralnej kolejno dla zmiennej CAC40, WIG20. Na bazie interpretacji powyższego graficznego przedstawienia spektrum amplitudowego należy wnioskować o współwystępowaniu w zakresie niskich częstości, odpowiedzialnych za cykle długookresowe (maksymalna wartość osiągnięta przez spektrum amplitudowe składa się okres 1, czyli cykl długookresowy przechodzący przez cały badany okres) oraz średniookresowe (wspólne amplitudy około 2,5 miesięczne).

Rys. 6. Współczynnik koherencji pomiędzy zmiennymi CAC40/WIG20



Źródło: opracowanie własne.

Współczynnik koherencji informuje dla jakich częstości szeregi są zsynchronizowane. Na podstawie tego można wysunąć dalszy wniosek informujący o tym, jaka część wariacji każdego z procesów dla danej częstości może zostać wyjaśniona liniową regresją jednego procesu względem wyprzedzeń, opóźnień i wartości bieżących drugiego procesu. Przy obliczaniu współczynnika koherencji nie ma znaczenia kolejność procesów. W przypadku analizowanych okresów istnieje synchronizacja dla niskich częstości, kursy posiadają silną zależność w zakresie cykli koniunkturalnych. Przekłada się to na wniosek o silnych zależnościach koniunkturalnych.

Rys. 7. Wzmocnienie w przejściu ze zmiennej CAC40 do WIG20

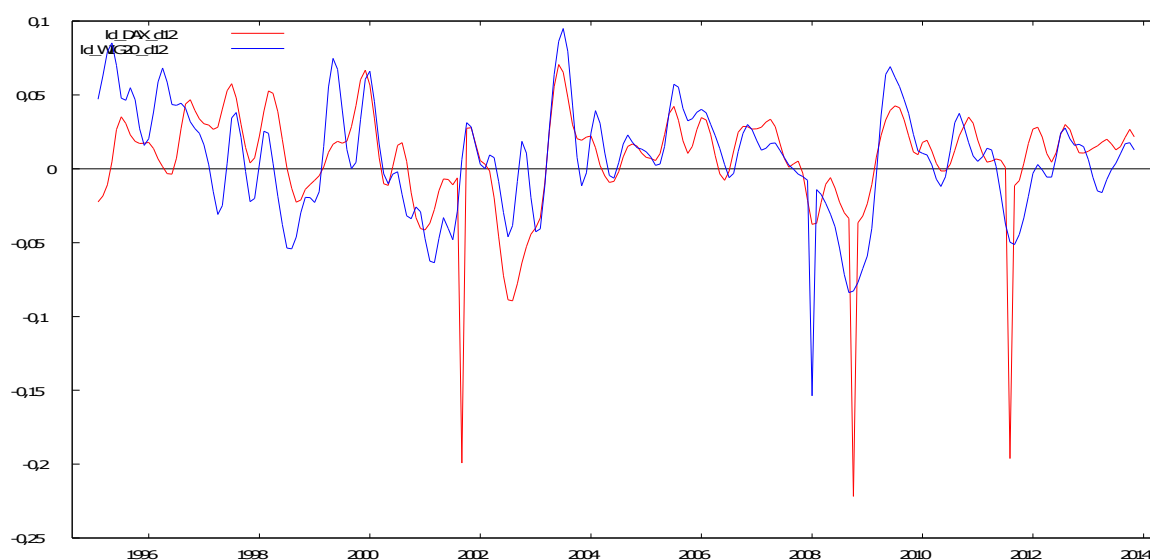


Źródło: opracowanie własne.

Wzmocnienie pomaga ustalić przy przejściu impulsu z jednego indeksu do drugiego jaki typ wahań się nasila. Analizowane wzmocnienie pozwala ustalić poziom wzmocnienia siły cykli przy przejściu z CAC40 do WIG20. Podstawowy wniosek jest następujący: przy przejściu CAC40 do WIG20 dla wahań koniunkturalnych następuje istotne wzmocnienie ich siły. Z drugiej strony nastąpiło osłabienie wahań krótkookresowych.

2. Spektrum wzajemne pomiędzy WIG20/DAX.

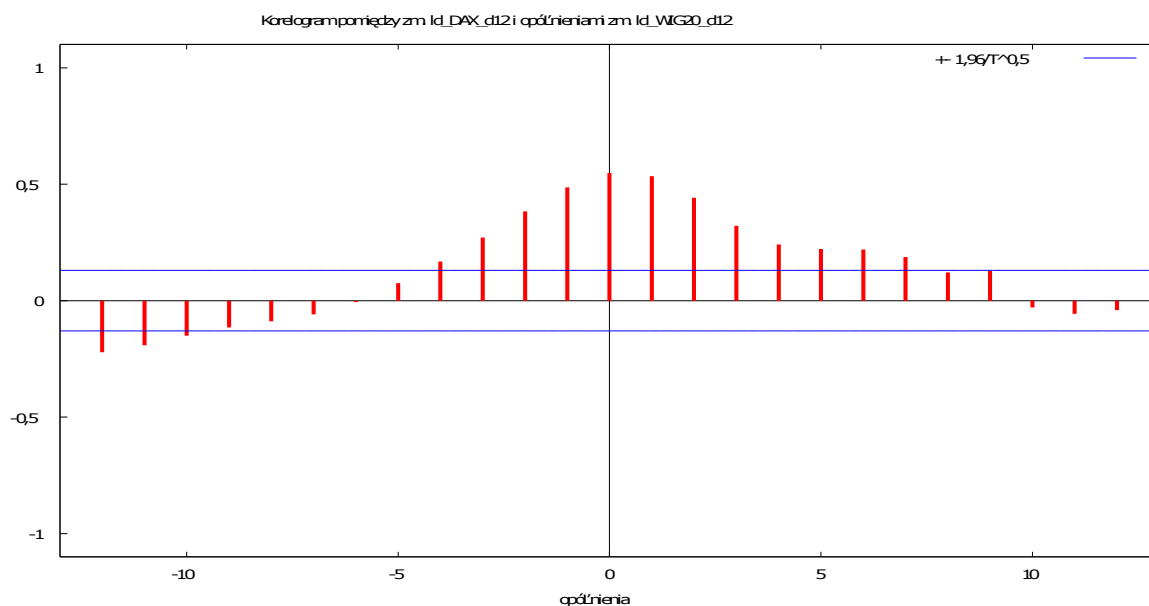
Rys. 8. Wykres szeregu czasowego DAX/WIG20, po wyznaczeniu logarytmiczny stóp zwrotu



Źródło: opracowanie własne na podstawie programu GRET.

Na podstawie wstępnej analizy rysunku 8 nie można określić, który szereg jest wyprzedzany a który jest wyprzedzającym.

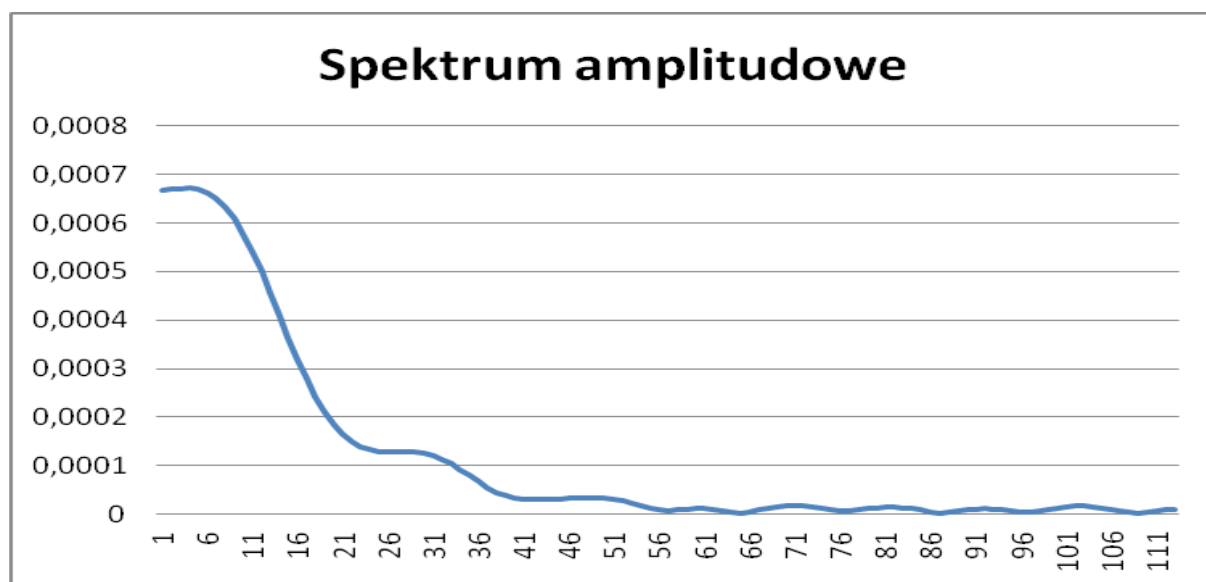
Rys. 9. Korelogram wzajemny pomiędzy DAX/WIG20



Źródło: opracowanie własne na podstawie programu GRETL.

Na podstawie analizy korelogramu wzajemnego pomiędzy DAX/WIG20 należy wnioskować, iż skoro największa wartość funkcji korelacji przypada na miejscu 0, reakcja na impuls pomiędzy poszczególnymi rynkami kapitałowymi jest natychmiastowa, brakuje wyprzedzeń pomiędzy poszczególnymi szeregami.

Rys.10. Spektrum amplitudowe pomiędzy zmiennymi DAX/WIG20

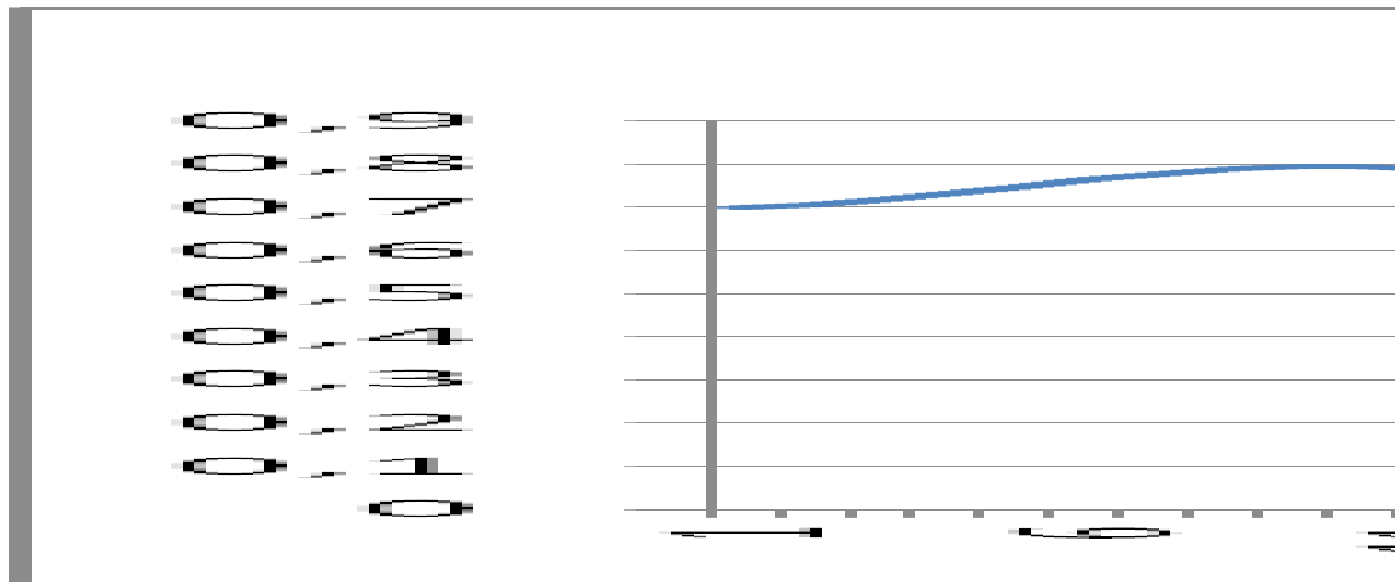


Źródło: Opracowanie własne.

Na bazie interpretacji powyższego graficznego przedstawienia spektrum amplitudowego należy wnioskować o współwystępowaniu cykli w zakresie niskich częstotliwości, odpowiedzialnych za cykle długookresowe. Maksymalną wartość funkcja spektrum

amplitudowego przyjmuje dla pierwszych pięciu okresów. Wnioskujemy o synchronizacji w zakresie cyklu koniunkturalnego. Dodatkowo można wyszczególnić istotny cykl średniookresowy o długości około 2 miesięcy.

Rys. 11. Współczynnik koherencji pomiędzy zmiennymi DAX/WIG20



Źródło: opracowanie własne.

W przypadku analizowanych okresów istnieje synchronizacja dla niskich częstotliwości, kursy posiadają silną zależność w zakresie cykli koniunkturalnych. Przekłada się to na wniosek o silnych zależnościach koniunkturalnych. Dodatkowo można wyróżnić zależności w cyklach średniookresowych.

Rys. 12. Wzmocnienie w przejściu ze zmiennej DAX do WIG20



Źródło: opracowanie własne.

Wzmocnienie pomaga ustalić przy przejściu impulsu z jednego indeksu do drugiego jaki typ wahań się nasila. Analizowane wzmocnienie pozwala ustalić poziom wzmocnienia siły cykli przy przejściu z DAX do WIG20. Podstawowy wniosek jest następujący, przy przejściu DAX do WIG20 dla wahań koniunkturalnych następuje istotne wzmocnienie ich siły. Z drugiej strony nastąpiło osłabienie wahań krótkookresowych.

Rys. 13. Wzmocnienie w przejściu ze zmiennej WIG20 do DAX

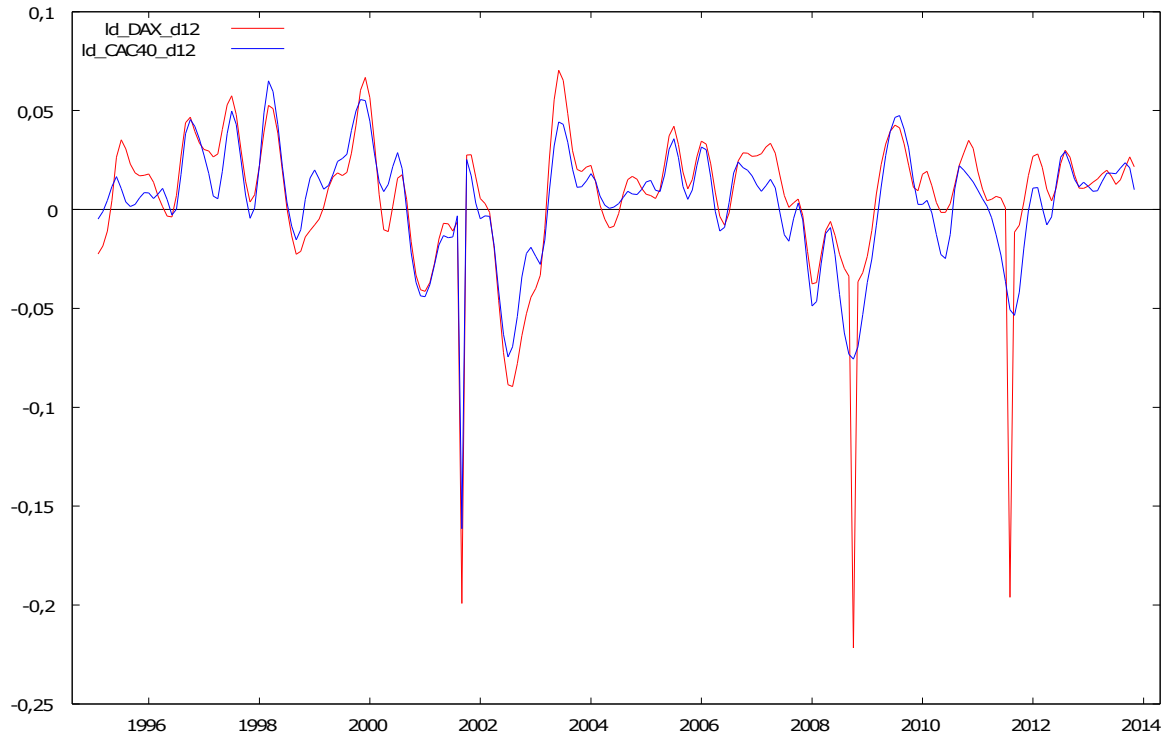


Źródło: opracowanie własne.

Analizowane wzmocnienie pozwala ustalić poziom wzmocnienia siły cykli przy przejściu z WIG20 do DAX. Podstawowy wniosek jest następujący, przy przejściu WIG20 do DAX dla wahań zarówno krótkookresowych jak i długookresowych następuje wzmocnienie siły tych wahań.

3. Spektrum wzajemne pomiędzy CAC40/DAX.

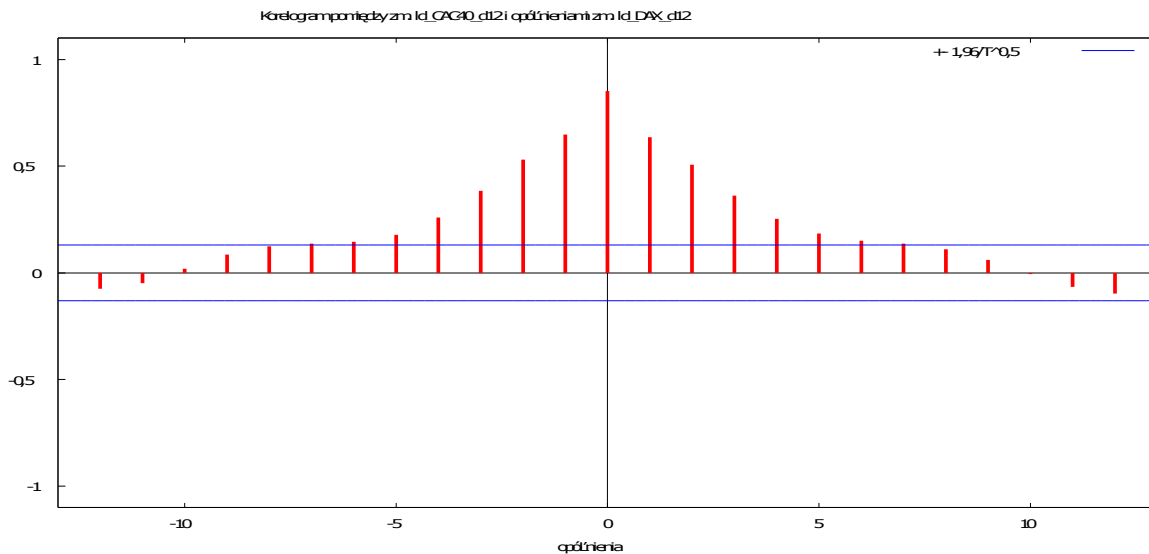
Rys. 14. Wykres szeregu czasowego CAC40/DAX, po wyznaczeniu logarytmiczny stóp zwrotu



Źródło: opracowanie własne na podstawie programu GRETL.

Na podstawie wstępnej analizy rysunku 16 nie można stwierdzić, który szereg jest wyprzedzający, a który jest wyprzedzanym.

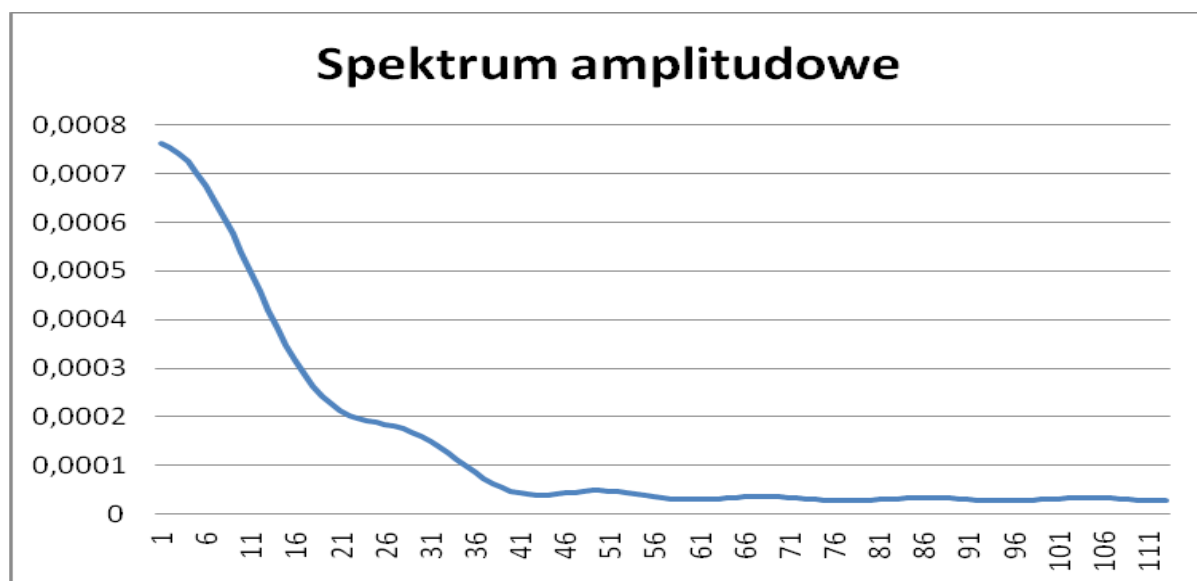
Rys. 15. Korelogram wzajemny pomiędzy CAC40/DAX



Źródło: opracowanie własne na podstawie programu GRETL.

Na podstawie analizy korelogramu wzajemnego pomiędzy CAC40/DAX należy wnioskować, iż skoro największa wartość funkcji korelacji przypada na miejscu 0, reakcja na impuls pomiędzy poszczególnymi rynkami kapitałowymi jest natychmiastowa.

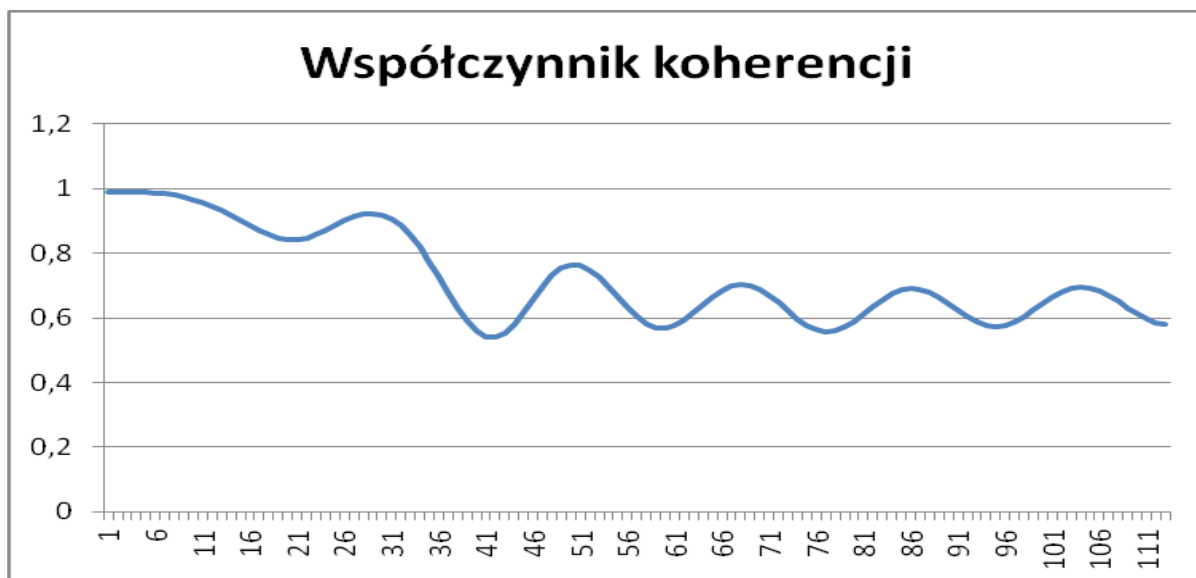
Rys.16. Spektrum amplitudowe pomiędzy zmiennymi DAX/CAC40



Źródło: Opracowanie własne.

Na bazie interpretacji powyższego graficznego przedstawienia spektrum amplitudowego należy wnioskować o współwystępowaniu w zakresie niskich częstotliwości, odpowiedzialnych za cykle długookresowe. Najważniejszy jest cykl koniunkturalny.

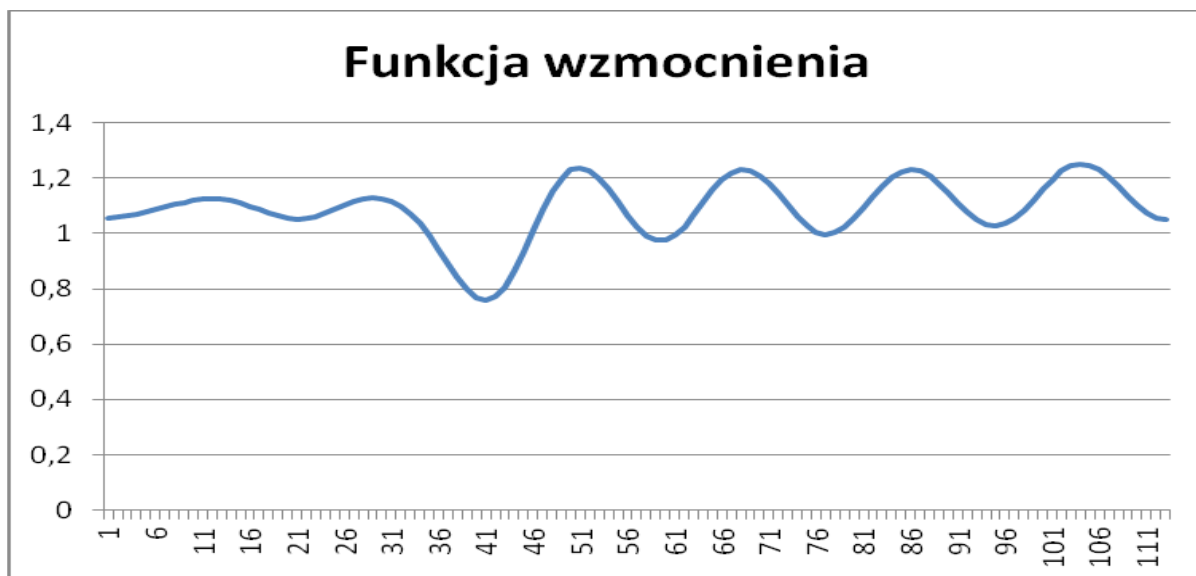
Rys. 17. Współczynnik koherencji pomiędzy zmiennymi DAX/CAC40



Źródło: opracowanie własne.

W przypadku analizowanych okresów istnieje synchronizacja dla niskich częstotliwości, kursy posiadają silną zależność w zakresie zarówno niskich jak i wysokich częstotliwości. Zależność pomiędzy indeksem niemieckim a indeksem francuskim jest silna zarówno w zakresie cykli koniunkturalnych jak i cykli krótkookresowych. Wniosek ten nie jest wcale zaskakujący. We wcześniejszych analizach można było zauważyć główną zależność w zakresie wspólnego długookresowego cyklu, jednak warszawski rynek kapitałowy jest tworem dość młodym, który ze względu na mniejszy stopień dojrzałości od rynków niemieckich i francuskich powiązany w zakresie częstotliwości głównie przez siłę wspólnych długookresowych wydarzeń. Znaczącą rolę odgrywa tutaj także znaczenie i siła kolejno gospodarki zarówno niemieckiej jak i francuskiej. W porównaniu do warszawskiego rynku kapitałowego stanowią one pewnego rodzaju wyznacznik w tym co zajdzie.

Rys. 18. Wzmocnienie w przejściu ze zmiennej CAC40 do DAX



Źródło: opracowanie własne.

Wzmocnienie pomaga ustalić przy przejściu impulsu z jednego indeksu do drugiego jaki typ wahań się nasila. Analizowane wzmocnienie pozwala ustalić poziom wzmocnienia siły cykli przy przejściu z CAC40 do DAX. Podstawowy wniosek jest następujący, przy przejściu CAC40 do DAX następuje istotne wzmocnienie siły zarówno w zakresie niskich jak i wysokich częstotliwości czyli kolejno wzmocnienie to jest istotne dla cykli długo- i krótkookresowych. Wyniki uzyskane za pomocą współczynnika wzmocnienia pokrywają się ze wstępną analizą wykresu szeregu czasowego dla wspomnianych indeksów.

Rys. 19. Wzmocnienie w przejściu ze zmiennej DAX do CAC40



Źródło: opracowanie własne.

W przejściu z indeksu DAX do CAC40 można zauważyć pewnego rodzaju wzmocnienie w zakresie cykli długookresowych.

IV. Wnioski

Zastosowanie narzędzi analizy cross spektrum w celu identyfikacji synchronizacji w zakresie częstości poszczególnych procesów jest całkowicie uzasadnione. Powyższe badanie stanowi jedynie przykład i ma na celu głównie wskazanie siły powiązań pomiędzy poszczególnymi podmiotami w złożonej przestrzeni gospodarczej. Dlatego całkowicie nieuzasadnione wydają się wszelkiego rodzaju analizy pomijające fakt zintegrowania poszczególnych podmiotów, przede wszystkim w skali międzynarodowej.

Jak wykazały analizy cross spektrów dla poszczególnych par indeksów, zdarzenia/impulsy z jednego rynku do drugiego przekazywane są w sposób natychmiastowy. Indeksy giełdowe podlegają cyklom o podobnej długości, gdzie przy przejściu z poszczególnych rynków do drugich następuje wzmocnienie siły i pogłębienie reakcji danego rynku. Takie wnioski wydają się być zasadnicze dla okresu kryzysów, gdzie siła powiązań pomiędzy podmiotami wzmacnia się, a zarażanie kolejnych gospodarek jest natychmiastowe. Nie możliwe jest aby we współczesnym świecie uniknąć powiązań pomiędzy tymi elementami. Właściwe wydaje się jednak dostosowywanie narzędzi wykorzystywanych przez organa stosujące politykę fiskalną oraz politykę pieniężną do zaistniałych relacji rządzących współczesnymi gospodarkami.

Spis tabel

Rys. 1. Szereg czasowy przebiegu cen indeksów WIG20, CAC40, DAX.....	5
--	---

Rys. 2. Szereg czasowy przebiegu cen indeksów WIG20, CAC40, DAX po zastosowaniu filtra X-12-ARIMA.....	6
Rys. 3. Wykres szeregu czasowego WIG20/CAC40, po wyznaczeniu logarytmiczny stóp zwrotu.....	6
Rys. 4. Korelogram wzajemny pomiędzy CAC40/WIG20.....	7
Rys.5. Spektrum amplitudowe pomiędzy zmiennymi CAC40/WIG20.....	8
Rys. 6. Współczynnik koherencji pomiędzy zmiennymi CAC40/WIG20.....	10
Rys. 7. Wzmocnienie w przejściu ze zmiennej CAC40 do WIG20.....	11
Rys. 8. Wykres szeregu czasowego DAX/WIG20, po wyznaczeniu logarytmiczny stóp zwrotu.....	11
Rys. 9. Korelogram wzajemny pomiędzy DAX/WIG20.....	12
Rys.10. Spektrum amplitudowe pomiędzy zmiennymi DAX/WIG20.....	12
Rys. 11. Współczynnik koherencji pomiędzy zmiennymi DAX/WIG20.....	13
Rys. 12. Wzmocnienie w przejściu ze zmiennej DAX do WIG20.....	13
Rys. 13. Wzmocnienie w przejściu ze zmiennej WIG20 do DAX.....	14
Rys. 14. Wykres szeregu czasowego CAC40/DAX, po wyznaczeniu logarytmiczny stóp zwrotu.....	15
Rys. 15. Korelogram wzajemny pomiędzy CAC40/DAX.....	15
Rys.16. Spektrum amplitudowe pomiędzy zmiennymi DAX/CAC40.....	16
Rys. 17. Współczynnik koherencji pomiędzy zmiennymi DAX/CAC40.....	16
Rys. 18. Wzmocnienie w przejściu ze zmiennej CAC40 do DAX.....	17
Rys. 19. Wzmocnienie w przejściu ze zmiennej DAX do CAC40.....	18

Literatura

Bukowski I. S., Międzynarodowa integracja rynków finansowych., Warszawa: DIFIN., 2011.
ISBN: 978-83-7641-553-6.

Dmowski A., Prokopowicz A., Rynki finansowe., Warszawa: DIFIN., 2010., ISBN: 978-83-7641-330-3.

Kufel T., Ekonometria, Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem programu GRETL, Warszawa: PWN, 2011. ISBN 978-83-01-16513-0.

Osińska M., Ekonometria finansowa., Warszawa: PWE., 2006., ISBN 83-208-1581-9.

Przekota G., Analiza zależności między indeksami rynków akcji na giełdzie polskiej i amerykańskiej., [dostęp online], www.nbp.pl.

Talaga L., Zieliński Z., Analiza spektralna w modelowaniu ekonometrycznym., Warszawa: PWN., 1986. ISBN: 83-01-05407-7.